

fig.1

### Considerazioni inattuali sull'interazione magnete - bobina

In assenza della bobina e in assenza di gravità, il magnete è sottoposto alla sola forza elastica.

Indicando con  $x$  la deformazione della molla, tale deformazione, assumendo opportunamente lo zero delle distanze, coincide con lo spostamento ovvero con lo spazio percorso dal magnete nel tempo  $t$ .

In tal caso l'equazione fondamentale si scrive:

$$m \frac{d^2 x(t)}{dt^2} = -kx \quad (1)$$

con  $m$  massa del magnete e  $k$  costante elastica della molla.

Il moto sarebbe armonico con un periodo dato da:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}} \quad (2)$$

Il fenomeno è più complesso se il magnete è allineato in asse con la bobina come in fig.1.

In tal caso infatti la forza elettromotrice indotta nella bobina produce un campo magnetico che si oppone al magnete oscillante esercitando una forza  $F$  opposta a quella elastica della molla.

Infatti con una molla che si allunga e quindi con un magnete che si allontana, la forza elastica lo richiama, ma nell'avvicinarsi la forza magnetica si oppone.

Quindi la situazione è quella della figura nell'ipotesi di una molla inizialmente contratta.

La legge fondamentale si scrive allora in modulo:

$$m \frac{d^2 x(t)}{dt^2} = -kx + F \quad (3)$$

Scrivere l'espressione della forza  $F$  in termini di magnetostatica sarebbe facile se la corrente circolante nella bobina fosse costante. In tal caso la soluzione generale dell'equazione differenziale conterrebbe la soluzione dell'omogenea associata più un termine costante, ma sempre di moto armonico si tratterebbe.

Nel caso in esame, invece, la corrente indotta nella bobina non è costante, sicché la massa magnetica equivalente non è costante, ma funzione del tempo.

Indicando infatti con  $m_1$  e  $m_2(t)$  le **masse magnetiche equivalenti del magnete e della bobina**, la legge fondamentale diventa:

$$m_1 \frac{d^2 x(t)}{dt^2} = -kx + \chi \frac{m_1 m_2(t)}{x^2} \quad (4)$$

In termini di massa equivalente, l'avvolgimento che subisce l'induzione elettromagnetica si comporta come un magnete e la corrente indotta circola in essa in un verso tale che, se il polo

Nord del magnete si avvicina ad essa, si produce un Nord indotto che si oppone al moto di avvicinamento.

La grossa difficoltà è quella di dover preventivamente determinare sperimentalmente le masse magnetiche, quella fissa del magnete permanente e quella della bobina, variabile in funzione della corrente indotta, a sua volta funzione del tempo.

La costante  $\chi$  dipende dalle unità di misura.

Noti i parametri, la risoluzione dell'equazione differenziale (4) conduce alla legge oraria di un moto oscillante che non è più armonico, con dei picchi e una frequenza che dipendono dai parametri.

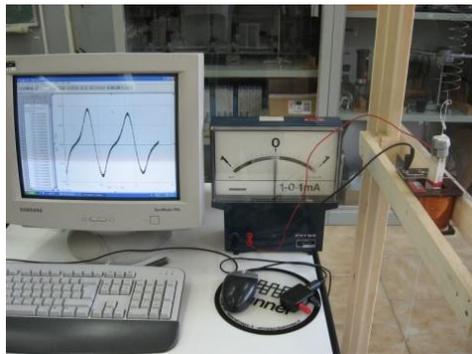
Le variazioni della distanza nel tempo e la frequenza di oscillazione determinano la *f.e.m.* indotta, rilevata dal sensore on - line con il computer.

La bobina possiede due estremità; si potrebbe provare a disporre da un lato il magnete oscillante e dall'altro lato un sensore di campo magnetico e rilevare in funzione del tempo il campo magnetico indotto della bobina unitamente alla corrente indotta.

Se il sistema di acquisizione on-line prevede la possibilità di rilevare corrente indotta e induzione magnetica, è possibile allora una taratura di questo tipo almeno per piccole correnti. Una taratura è possibile anche far passare nella bobina una corrente alternata da un generatore rilevando con un sensore corrente e induzione magnetica indotta. Le correnti vanno scelte nei limiti previsti dal sistema di acquisizione.

Rapportando il campo d'induzione magnetico indotto alla massa magnetica equivalente della bobina, in funzione del tempo, si potrà risolvere l'equazione (4).

L'alternativa a tale metodica di analisi è quella puramente elettromagnetica, vale a dire rilevare la *f.e.m.* indotta e cercare di correlarla alla variazione di flusso di induzione concatenato con l'avvolgimento.



Nella foto il magnete oscilla all'interno della bobina, stretto tra due molle antagoniste necessarie per rendere ordinato il moto di oscillazione.

( Foto nel liceo Galilei )

Se il magnete è sospeso ad un filo, allineato come in fig.1, il discorso è lo stesso perché la forza di richiamo, per filo molto lungo e per piccole oscillazioni, è proporzionale allo spostamento.

In entrambi i casi il fenomeno è più evidente perché il flusso del campo è quasi tutto concatenato con la bobina.

La cosa cambia se il magnete oscilla in direzione orizzontale, ma l'asse della bobina è verticale.

### **Bibliografia:**

Cfr. l'articolo: "La legge di Coulomb per i magneti" disponibile all'URL:

[http://web.lngs.infn.it/calendario/doc\\_2008/Maggio.pdf](http://web.lngs.infn.it/calendario/doc_2008/Maggio.pdf)